УДК 681.518.3

О.И. Лещенко,
кандидат технических наук, доцент,
О.В. Банзак,
кандидат технических наук,
С.А. Пашков,
кандидат военный наук, доцент

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В данной статье предложен алгоритм решения расчетно-экспериментальной задачи с возможностью управления порогом срабатывания автоматической следящей информационно-измерительной системой на примере слежения за температурой в двух режимах – дежурном и рабочем, без использования дополнительных датчиков и ветвей.

Ключевые слова: *интеллектуальные информационно-измерительные системы, порог ошибки, датчики температуры*

У статті запропонований алгоритм вирішення розрахунково-експериментального завдання з можливістю керування порогом спрацьовування автоматичною інформаційно-вимірювальною слідкувальною системою, на прикладі спостереження за температурою у двох режимах – черговому та робочому, без використання додаткових датчиків і гілок.

Ключові слова: *інтелектуальні інформаційно-вимірювальні системи, поріг помилки, датчики температури*

In given clause the algorithm of the decision of a settlement-experimental problem with an opportunity of management threshold of an operation by automatic watching information-measuring system on an example of tracking temperature in two modes - the person on duty and the worker, without use of additional gauges and branches is offered.

Keywords: *intellectual information-measuring systems, threshold of mistake, gauges of temperature*

Введение

На сегодняшний день трудно себе представить производство или производственный процесс без применения информационно-измерительных систем. Кроме того, редко какая система имеет классический вид: первичный преобразователь – вторичный преобразователь – аналого-цифровой преобразователь – как минимум, микропроцессор либо микроконтроллер – запоминающее устройство. Практически вся снимаемая информация запоминается и обрабатывается. С каждым днем эти процессы всячески усложняются, от простых до бесконечно сложных. Таким образом современные информационные технологии уже практически вытеснили всем нам ранее известные статистические и аналитические отделы, занимающие большое количество и людских ресурсов, и технических, а самое наверно главное – временных показателей. Именно необходимость принятия мгновенных решений и заставляет применять быстродействующие информационно-технические средства.

Любая информационная система обладает целым рядом метрологических параметров и характеристик. Все больше внедряются интеллектуальные информационно-измерительные системы, способные практически мгновенно, приняв с определенной вероятностью правильное решение, отреагировать на одно или даже ряд возмущающих воздействий [1; 3; 5].

В этом случае может возникнуть необходимость управления или слежения за одним и тем же объектом, например, в дежурном или в рабочем режиме. Или, например, при получении предварительного предупреждения необходимо перевести систему в режим сбора данных с большей точностью или разрешающей способностью. Для решения такой задачи возможно подключение дополнительных каналов, информационно-измерительных систем или датчиков. При этом возникает необходимость постоянного содержания в "горячем" резерве дополнительного оборудования, которое для поддержания работоспособного состояния необходимо периодически "опрашивать", подключая его к сети. Однако, как известно, именно во время переходных процессов чаще всего и дает аппаратура сбои либо возникают неисправности.

Чаще необходимость решения таких задач проявляется при использовании первичных преобразователей для измерения неэлектрических величин. Прогнозировать отказы таких измерительных каналов достаточно сложно.

Основная часть

Для решения такой задачи целесообразнее использование работы одной и той же системы в многоуровневом режиме и производить управление по уровню превышения абсолютной или относительной ошибки. Для этого имеется возможность использования математического моделирования с различной степенью приближения или использование различного порога ошибки – отклонения измеряемой величины от заданного, например, паспортного уровня.

Для решения расчетно-экспериментальной задачи взяты произвольные датчики температуры, экспериментальным путем снята их характеристика.

На сегодняшний день, конечно же, имеются различные прикладные программы, способные преобразовать массив снятых данных в уравнение математической модели. Для получения возможности управления необходимо иметь как минимум две, а может и более таких моделей.

Термисторы имеют малые габариты, вес и теплоемкость, вследствие этого они могут использоваться для измерения температуры объектов, имеющих малые размеры и малую теплоемкость. Малая теплоемкость обусловливает их малую инерционность.

Недостатком термисторов являются нелинейность функции преобразования и большой разброс параметров [1; 4]. Поэтому приборы с термисторами приходится градуировать индивидуально. Недостатком термисторов являются также изменение во времени (старение) и некоторая нестабильность электрических характеристик. Однако после старения, которое обычно длится 2–4 месяца, дальнейшее изменение сопротивления происходит медленно и не превышает 0,2 % в год [2; 5].

Если температура изменяется в небольших пределах, или точность изменения не высока, то можно аппроксимировать функцию изменения выходного параметра как прямую линию. Тогда будем искать приближающую функцию в виде:

$$y = f(x,k,b) = kx + b. \tag{1}$$

Абсолютная разность Δy_i для x_i определяется следующим образом:

$$\Delta y_i = y_i - y_i^p = y_i - f(x_i) = y_i - (kx_i + b), \tag{2}$$

формулу (2) перепишем в виде:

$$\sigma = \sum_{i=1}^{n} (\Delta y_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - (kx_i + b))^2. \tag{3}$$

Рассматриваемая сумма является функцией с двумя параметрами $\sigma = F(k,b)$. Задача сводится к отысканию минимума этой функции. Используем необходимое условие экстремума:

$$\frac{\partial F(k,b)}{\partial k} = 0; \qquad \frac{\partial F(k,b)}{\partial b} = 0,$$

т.е.

$$\frac{\partial \sigma}{\partial k} = \frac{\partial \sum_{i=1}^{n} (\Delta y_i)^2}{\partial k} = \frac{\partial \sum_{i=1}^{n} (y_i - (kx_i + b))^2}{\partial k} = 0; \tag{4}$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial b} = \frac{\partial \sum_{i=1}^{n} (\Delta y_i)^2}{\partial b} = \frac{\partial \sum_{i=1}^{n} (y_i - (kx_i + b))^2}{\partial b} = 0. \tag{5}$$

Решив систему двух уравнений с двумя неизвестными относительно параметров k и b, получим конкретный вид искомой функции $y = kx + b$. Опуская математические выкладки, запишем выражения для искомых параметров:

$$k = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{n\sum_{i=1}^{n} x_i^{\,2} - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}; \tag{6}$$

$$b = \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} y_i - k\sum_{i=1}^{n} x_i). \tag{7}$$

Рассчитав значение σ, получим величину среднеквадратичной ошибки рассматриваемого приближения.

Чтобы подобрать формулу, выражающую зависимость между двумя величинами, если это зависимость найдена опытным путем, нужно сравнить параметры одного и того же уровня с данными, полученными при помощи известных формул, сравнить относительную ошибку измерения. Формулы содержат небольшое число параметров, таких как коэффициенты, показатели степеней и т.д., изменением которых можно в той или иной степени варьировать ошибкой. Чтобы формула не оказалась слишком сложной, число параметров не должно быть велико. Обычно берут два-три параметра. При сравнении обращают внимание на наличие максимумов и минимумов, поведение функции при больших и малых значениях аргумента, выпуклость кривой вверх или вниз на отдельных участках и т.д. Выбрав среди известных формул подходящую, следует подобрать такие значения параметров, чтобы разница между опытными значениями величины и значениями, найденными по формуле, не превышала заданную ошибку эксперимента. Если эта разница получается слишком большой, повторяют попытку подбора коэффициентов формулы.

Рассмотрим наиболее употребляемые формулы и соответствующие им графики для взятого эксперимента с температурой.

Так, например, степенная зависимость (геометрическая регрессия) имеет вид:

$$y = ax^b \tag{8}$$

Покажем, как нахождение приближающей функции в виде геометрической регрессии может быть сведено к нахождению параметров линейной функции. Предполагая, что в исходной таблице 1 значения аргумента и функции положительны, прологарифмируем равенство (8) при условии $a > 0$:

$$\ln y = \ln a + b \ln x. \tag{9}$$

Введем новую переменную $t=\ln x$, тогда $\ln y$ будет функцией от t. Обозначим $A=\ln a$, $q=\ln y$, тогда равенство (9) примет вид:

$$q(t) = a + bt, \tag{10}$$

т.е. задача опять свелась к отысканию приближающей функции в виде линейной, что значительно упрощает исследование.

Практически для нахождения приближающей функции в виде степенной необходимо проделать следующие операции:

1) прологарифмировать значения x и y в исходных данных;

2) по новым данным найти параметры a и b приближающей функции вида $q(t)=a+bt$;

3) используя примененные обозначения, найти значения параметров a и b и подставить их в выражение (10).

Для определения параметров a и b окончательно получаем:

$$b=\frac{n\sum_{i=1}^{n}\ln x_i \ln y_i-\sum_{i=1}^{n}\ln x_i\sum_{i=1}^{n}\ln y_i}{n\sum_{i=1}^{n}\left(\ln x_i\right)^2-\left(\sum_{i=1}^{n}\ln x_i\right)^2}; \tag{11}$$

$$a=\exp\left(\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}\ln y_i-k\sum_{i=1}^{n}\ln x_i\right)\right). \tag{12}$$

Рассмотрим получение показательной зависимости, которая имеет вид:

$$y=f(x,a,k)=ae^{kx}. \tag{13}$$

Если найденная на опыте зависимость y от x является показательной, то график зависимости $\ln y$ от x представляет собой прямую линию, тангенс угла наклона которой равен параметру k. Если значение y при x=0 неизвестно, то величину параметра a можно найти по формуле $y=ae^{kx}$ для ряда значений x, а затем взять среднее.

Найдем коэффициенты k и a для исходной таблицы 1, если известно, что приближающую функцию целесообразно искать в виде показательной функции (8).

Прологарифмируем равенство (13):

$$\ln y=\ln a+kx, \tag{14}$$

приняв обозначения $\ln y=q$, $\ln a=A$, перепишем (9) в виде:

$$q(x)=kx+a. \tag{15}$$

Таким образом, приближающая показательная функция проведенными преобразованиями сведена к линейной, следовательно, для определения коэффициентов a и k показательной функции можно воспользоваться уже выведенной для линейной функции формулой (4).

Итак, для нахождения приближающей функции в виде (13) нужно прологарифмировать исходные значения функции и, рассматривая их совместно с исходными значениями аргумента, получить для новых данных приближающую функцию вида (15).

Для определения параметров a и k окончательно получаем:

$$k = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i \ln y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} \ln y_i}{n\sum_{i=1}^{n} (x_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}; \tag{16}$$

$$a = \exp\left(\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} \ln y_i - k\sum_{i=1}^{n} x_i\right)\right). \tag{17}$$

Такую же методику можно применить для получения математической модели, используя функции дробно-линейной зависимости, дробно-рациональной функции, логарифмической функции, гиперболической зависимости.

Для решения задачи приближения функции методом наименьших квадратов сформулируем основные шаги алгоритма.

1. Ввод исходных данных.
2. Выбор вида уравнения регрессии.
3. Преобразование данных к линейному типу зависимости.
4. Получение параметров уравнения регрессии.
5. Обратное преобразование данных и вычисление суммы квадратов отклонений вычисленных значений функции от заданных.
6. Вывод результатов.
7. Расчет величины средней квадратичной ошибки

Выводы

В данной статье предложено решение расчетно-экспериментальной задачи с возможностью управления порогом срабатывания автоматической следящей информационно-измерительной системой на примере слежения за температурой в двух режимах − дежурном и рабочем, без использования дополнительных датчиков и ветвей.

По результатам проведенного эксперимента и полученных данных получены следующие результаты:

1. Получена линейная модель:

$$y=1888860\cdot x - 5558{,}854$$

2. Получена степенная модель:

$$y=3{,}90033\cdot 10^{34}\cdot x^{12{,}8}$$

3. Получена экспоненциальная модель:

$$y=1{,}19\cdot 10^{-3}\cdot e^{4001{,}283\cdot x}$$

Расчеты величины абсолютной и относительной среднеквадратичной ошибки показали следующие результаты. Для линейной модели абсолютная ошибка −

2,35 Ом; относительная – 1,13 %; для степенной модели абсолютная ошибка – 1,72 Ом; относительная – 0,095 %; для экспоненциальной модели абсолютная ошибка – 0,48 Ом; относительная – 0,0095 %. Таким образом, получаем возможность автоматического управления по заданному диапазону разброса параметров первичного преобразователя.

Таким же способом можно получить математическую зависимость для плавного регулирования по ошибке – как порогу срабатывания информационно-измерительной системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Батоврин В.К.* LabVIEW : практикум по основам измерительных технологий / В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин ; под ред. В.К. Батоврина. – 2-е изд, переработ. и доп. – М. : ДМК Пресс, 2009. – 232 с.

2. Информационно-измерительная техника и технологии : учеб. для вузов / под ред. Г.Г. Раннева. – М. : Высшая школа, 2002.

3. *Раннев Г.Г.* Методы и средства измерений : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – М. : Издательский центр "Академия", 2008.

4. *Мейзда Ф.* Электронные измерительные приборы и методы измерений / Ф. Мейзда. – М. : Мир, 1990.

5. *Фрайден Дж.* Современные датчики: справочник / Дж. Фрайден. – М. : Техносфера, 2005.

Отримано 24.03.2014